

Janne Rautiainen

Betonintestauslaitteen automatisointi

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Koneautomaatio



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Janne Rautiainen

Työn nimi: Betonintestauslaitteen automatisointi

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2011 Sivumäärä: 35 Liitteiden lukumäärä: 4

Tämän opinnäytetyön aiheena oli betonintestauslaitteen automatisointi toimivammaksi kokonaisuudeksi. Työ tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä Törnävällä sijaitsevaan betonintestauslaboratorioon. Laboratoriossa testataan betonin koostumusta ja kestävyyttä useilla erilaisilla laitteilla. Tämä kyseinen laite mittaa SFS EN 12390-8 -standardin mukaisesti paineellisen veden tunkeumasyvyyttä kovettuneessa betonissa.

Ongelmana oli, että veden imeytyessä betoniin, laitteessa oleva paine pääsi kolme päivää kestävä testin aikana putoamaan asetetusta viiden barin arvosta.

Suunnitelmien jälkeen päädyttiin tulokseen, että laitteessa oleva mekaaninen anostuspumppu vaihdetaan pumppuun, jota pyöritetään 3-vaihemoottorilla ja moottorin toimintaa ohjataan taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajan tarkoituksena on ylläpitää vakioaine testin aikana.

Asiasanat: Betonintestauslaite, standardi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS ABSTRACT

Faculty: School of Technology
Degree programme: Automation Technology
Specialisation: Machine Automation

Author: Janne Rautiainen

Title of the thesis: Automation of a Concrete Testing Device

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2011 Number of pages: 35 Number of appendices: 4

The aim of this final thesis was to automate of a concrete testing device.

The work was done for Seinäjoki University of Applied Sciences. The testing device is located in the concrete testing laboratory in Törnävä. Composition and sustainability of concrete is tested in the laboratory with a wide variety of equipment. The testing device that was automated measures the depth of water penetration under pressure.

The problem was that as the water was absorbed in the concrete, the pressure of the device did not remain on the set value of 5 bars.

After planning it was concluded that the mechanical dosing pump in the device will be replaced with a pump which is rotated by a 3-phase motor and controlled by a frequency converter.

Keywords: concrete testing device, standard

SISÄLTÖ

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ	2
THESIS ABSTRACT	3
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
2 BETONI.....	9
2.1 Betonin historia.....	9
2.2 Betonin koostumus	9
2.3 Yleistä betonin ominaisuuksista	10
2.4 Betoni rakennusmateriaalina	10
3 BETONIN LAADUNVALVONTA JA TESTAUS	12
3.1 Yleistä.....	12
3.2 CE-merkintä	13
3.3 Kovettuneen betonin testaus ja laadunvalvonta	14
3.3.1 Puristuslujuuden testauskoneet	15
3.3.2 Koekappalemuotit	15
3.3.3 Betonin vedenpitävyys	16
3.4 Laadunvalvontamenettelyt.....	16
3.5 Yleistä laitteesta ja vedenpitävyyden testauksesta	17
4 TEORIAA TESTAUSJÄRJESTELMÄN OSISTA.....	20
4.1 Taajuusmuuttajat	20
4.1.1 Taajuusmuuttajan toimintaperiaate	21
4.2 PID-säädin.....	22
4.2.1 PID-säätimen toimintaperiaate.....	23
4.3 Oikosulkumoottorit.....	23
4.3.1 Oikosulkumoottorin toimintaperiaate.....	24
4.4 Anturit	24
4.4.1 Paineanturin toimintaperiaate	24
4.5 Pumput.....	25
4.5.1 Pumpun toimintaperiaate	26
5 TESTAUSJÄRJESTELMÄN AUTOMATISOINTI	27
5.1 Lähtökohta.....	27
5.2.1 Laitteen toimintaperiaate.....	28

5.3 Toteutus.....	28
5.3.1 Pumpun uusi testaus	29
5.3.2 Työn eteneminen	30
5.4 Laitteiston testaus	30
6 YHTEENVETO.....	33
LÄHTEET.....	34
LIITTEET	35

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Betonituotteiden käyttöjakauma.....	11
Kuva 2. Betonirakenteiden päästandardit.	14
Kuva 3. RS-Suunnittelun rakentama alkuperäinen betonintestauslaite.....	18
Kuva 4. Testausjärjestelmän osat.	20
Kuva 5. Taajuusmuuttajan periaatteellinen lohkokaavio.....	22
Kuva 6. LMI Milton Roy -annostuspumppu.	27
Kuva 7. Alkuperäinen Flojet triplex -kalvopumppu testiajossa	29
Kuva 8. Uudistettu testausjärjestelmä.....	31

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli parantaa kovettuneen betonin testauslaitteen toimivuutta. Nykyisin betonin kestävyyttä ja sopivuutta testataan monilla erilaisilla laitteilla käyttötarkoituksen mukaan. Tämä kyseinen laite mittaa SFS-EN 12390-8 -standardin mukaisesti paineellisen veden tunkeumasyvyyttä kovettuneessa betonissa. Työ teetettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun (josta myöhemmin käytetään lyhennettä SeAMK) toimeksiannosta Törnävän toimipisteessä sijaitsevaan betonilaboratorioon.

Seinäjoen ammattikorkeakoulu on kansainvälinen ja menestyvä korkeakoulu joka tarjoaa opiskelijoille koulutusta monilla eri aloilla. Tällä hetkellä SeAMK:n viidessä yksikössä opiskelee noin 5000 opiskelijaa ja henkilökuntaa on noin 400. (SeAMK, 2010.)

SeAMK:n Tekniikan yksikön betonintestauslaboratoriossa tehdään tutkimus- kehitys- ja suunnittelupalveluita rakennusteollisuudelle. Tämä pitää sisällään erilaiset kosteuden mittaukset, kiinteistöjen lämpökuvaukset ja rakennusten tiiviysmittaukset. Tämän lisäksi on äänitekniset mittaukset, rakenteiden, liitosten ja materiaalien testaukset sekä julkisivuelementtien testaukset. Myös geotekniset mittaukset, suunnittelu- ja laskentapalvelut, uuden betonin päällystettävyyssmittaukset sekä betonirakenteiden kuntotutkimukset laboratoriossa ja työmaalla kuuluvat palveluihin. (Palveluesite, 2010.)

Vuonna 2004 betoniteollisuuden normeihin ja standardeihin tuli muutoksia. Tästä syystä testauslaitteistoja piti uusia. Vuonna 2009 paineellisen veden tunkeumasyvyyden testissä paineen määrää pienennettiin. SeAMK:n betonilaboratoriossa oleva laite on vuosien aikana toiminut moitteettomasti, mutta nyt ongelmaksi oli muodostunut paineistuksen putoaminen testin aikana.

Betonin testauslaboratorio on virallinen betoninkoetuslaitos, joka on toiminut vuodesta 1991 alkaen. Laboratoriossa pystytään testaamaan betonin

- puristuslujuudet

- vetolujuudet
- tiheydet
- vesitiiviydet. (Palveluesite, 2010.)

2 BETONI

2.1 Betonin historia

Betonia käytettiin rakennusmateriaalina jo antiikin Rooman aikaan. Voidaan kuitenkin sanoa, että se otettiin käyttöön suurimmissa määrin 1800 – 1900 luvulla. Aluksi sitä käytettiin ainoastaan rakennuksissa, mutta myöhemmin käyttö lisääntyi ja laajeni kaikkiin rakentamisen osa-alueisiin. (Betonin historia, 2010.)

1950-luvulla betoniteollisuutta alettiin kehittää elementtiteknologian avulla ja vuonna 1970 otettiin käyttöön betonielementtijärjestelmä BES. Tämä järjestelmä vakioi betonielementtityypit ja liitosdetaljit niin, että valmisosia voitiin hankkia eri toimittajilta samaan rakennuskohteeseen. (Betonin historia, 2010.)

1980-luvun alussa betonin laatuun alettiin kiinnittää yhä enemmän huomiota ja kehitystyö on jatkunut näihin päiviin asti. Nykyisin tuon työn tulos näkyy monimuotoisen laadukkaana betonirakentamisena. (Betonin historia, 2010.)

2.2 Betonin koostumus

Betoni koostuu sementistä, kiviaineksesta ja vedestä. Usein käytetään myös seos- ja lisäaineita parantamaan esim. sen työstettävyyttä tai säilyvyyttä. Sementti valmistetaan pääasiassa kalkkikivestä. Muu kiviaines on paikallista, rakennuskohteen läheltä saatavaa. Näiden aineiden kovettunut seos on betoni. Betoni on kestäväyytensä ja muotoiltavuutensa ansiosta käytetyin rakennusmateriaali. Betonin suosio perustuu sen hyviin materiaaliominaisuuksiin joita ovat:

- hallittu, korkea lujuus
- paloturvallisuus (palamaton materiaali)
- massiivisuus (hyvä lämpökapasiteetti ja äänieristys)
- terveellisyys (ei lahoa eikä homehdu)
- plastisuus (rajaton muotoiltavuus)

- kestävyys (huollettuna ja oikein tehtynä pitkäaikainen). (Betoni rakennusmateriaalina, 2010.)

2.3 Yleistä betonin ominaisuuksista

Suunniteltaessa kovettuneen betonin rakenteita tärkeimpiä ominaisuuksia ovat sen lujuus ja säilyvyys erilaisia rasituksia vastaan. Säilyvyyden merkitys on todella tärkeää, koska betonirakenteita tehdään yhä vaativampiin käyttöolosuhteisiin. Säilyvyyteen kiinnitetään enemmän huomiota kuin ennen, koska on huomattu että betonikaan ei ole ikuisesti kestävä materiaali. Ulko-olosuhteissa tulee kiinnittää huomiota erityisesti pakkasenkestävyyteen ja pakkas- suolarasituksen kestävyys. Ne ovat rakenteiden säilyvyyden kannalta tärkeimmät ominaisuudet. Vaikka betoni on hyvin säilyvä materiaali, sen ominaisuudet voidaan pilata pienilläkin laiminlyönneillä. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 69.)

Näiden edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi on myös muita tärkeitä ominaisuuksia, kuten betonin muodonmuutosominaisuudet, kutistuminen, viruminen halkeilu ja tiiveys. Myös sementtikivien ominaisuudet vaikuttavat useimpiin betonin ominaisuuksiin ratkaisevasti. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 69.)

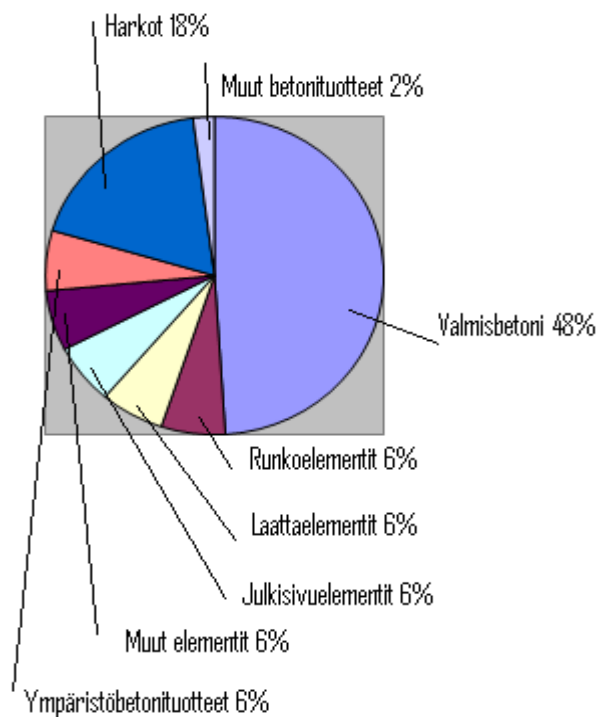
2.4 Betoni rakennusmateriaalina

Raaka-aineiden hyvän saatavuuden ja yksinkertaisen valmistusteknologian takia betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali. Sitä käytetään muun muassa teiden, siltojen, patojen, rakennusten runkojen sekä infra-rakenteiden valmistukseen. (Betoni rakennusmateriaalina, 2010.)

Kivipohjaisena materiaalina betoni on luja, kestävä ja vähäistä huoltoa vaativa. Betonirakennukset ovat massiivisia ja tiiviitä, joten ne säästävät energiaa koko elinkaaren ajan. Betonin avulla rakennuksiin saadaan hyvä äänieristävyys ja paloturvallisuus. (Betoni rakennusmateriaalina, 2010.)

Betonirakenteita käytetään paljon ehkäistäessä erilaisia onnettomuuksia ja ympäristökatastrofeja. Hyviä esimerkkejä ovat rannikoiden aallonmurtajat, väestönsuojat, säteilysuojat ja reaktoreiden suojarakenteet. Lisäksi betoni suojaa liikenteen ja ihmisen aiheuttamalta melulta. Siitä ei liukene ihmisen terveydelle haitallisia aineita. Myöskään palotilanteissa ei aiheudu ympäristölle vaarallisia savukaasuja tai muita aineita. (Betoni rakennusmateriaalina, 2010.)

Betonia käytetään joko valmisosina, jotka on tehty koneellisesti ja automatisoidusti tehtaissa, tai työmaalla paikallavalaen. Betoniteollisuuden parissa työskentelee Suomessa noin 5000 ja väliaikaisesti noin 10000 ihmistä. Elementtitehtaita on yli 100 ja valmisbetoniasemia noin 250. Kuvassa 1 on esitelty betonin käyttöjakauma. (Betoni rakennusmateriaalina, 2010.)



Kuva 1. Betonituotteiden käyttöjakauma. (Vertaa betoni rakennusmateriaalina, 2010)

3 BETONIN LAADUNVALVONTA JA TESTAUS

3.1 Yleistä

Betonirakenteiden valmistuksessa suoritetaan laadunvalvontaa kelpoisuuden varmistamiseksi. Valmistusprosessista ja sen jälkeen tapahtuvista käsittelyistä tehdään muistiinpanoja. Niiden perusteella on mahdollista selvittää prosessin eri tapahtumat. Valmisbetonin ja Betonielementtien valmistusta voidaan kutsua tarkastetuksi, jos ympäristöministeriö on hyväksynyt sen laadunvalvontaa valvovan toimielimen. (Betoninormit, 2004, 133.)

Betonirakenteiden valmistuksen laadunvalvonnan piiriin sisältyy betonin ja rakenteiden valmistuksen valvonta. Betonin valmistuksessa valvotaan osa-aineita koskevia kokeita, betonin ennakkokokeita ja valmistuksen aikaisia kokeita. Rakenteiden valmistuksessa laadunvalvonnan piiriin kuuluvat muotti- ja tukirakenteet, raudoitukset, betonointi, tiivistykset, jälkihoito ja lämpökäsittely. (Betoninormit, 2004, 133.)

Kaikki laadunvalvontakokeiden tulokset kirjataan muistiin. Laadunvalvontiasiakirjoja säilytetään vähintään kaksi vuotta rakennuksen käyttöönotosta alkaen, mutta valmisbetonin valvontaa koskevat asiakirjat vähintään kolme vuotta. (Betoninormit, 2004, 133.)

1- ja 2-luokan rakenteiden valmistuksesta tehdään seuraavanlaiset muistiinpanot betonointipöytäkirjan muodossa tai talteen ottamalla asiakirjat:

- *rakennustyömaan tai elementtitehtaan tunnustiedot, betonityönjohtajat, betonilaborantit ja heidän työaikansa*
- *valmisbetonin kuormakirjat sekä rakennuspaikalla tehtävien kelpoisuuskokekappaleiden tunnukset*
- *betonointiolosuhteita koskevat tiedot ja niiden vaatimat toimenpiteet*
- *betonimäärät betonointijaksoittain*

- *betonointitapa*
- *betonoinnin alkaminen ja päättymisen, työssä ilmenneet hankaluudet, muottien ja tukirakenteiden purkamisajankohta ja sen määrittäminen, betonin jälkihoito, betonin lämpötilan seuranta ja lämpökäsittely*
- *elementtien käsittely ja varastointi*
- *muottien ja raudoituksen valvontatoimenpiteet*
- *elementtien ja raudoitteiden vastaanottotarkastukset*
- *rakennustarkastajan määräykset*
- *rakenteiden tarkastukset*
- *muut tarpeelliset asiat.*

(Betoninormit, 2004, 133.)

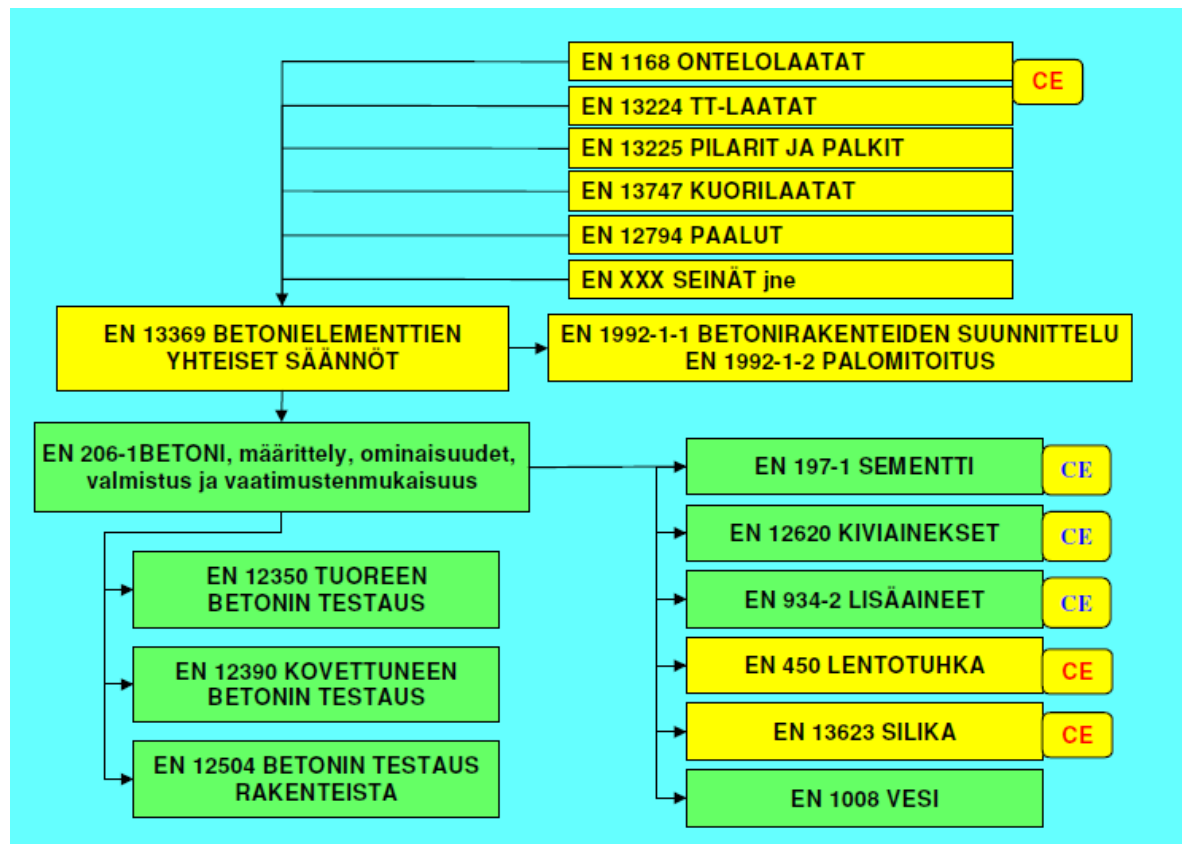
Valmisbetonin ja elementtien valmistuksen laadunvalvonnan alkutarkastuksen suorittaa ympäristöministeriön hyväksymä toimielin. Alkutarkastuksessa selvitetään, että laitteilla ja henkilöstöllä on riittävät edellytykset valmistukseen ja laadunvalvontaan. Toimielin suorittaa myös tavanomaisia tarkastuksia, joissa tarkastetaan ainakin laatujärjestelmä. Lisäksi tarkastetaan myös valmistus-, näytteenotto- ja koemenetelmät, sekä kirjatut tiedot, ennakkokokokeiden tulokset, valmistuksen valvonnan koetulokset ja tarkastusajanjaksolta havaitut laatu puutteet. (betoninormit, 2004, 133.)

3.2 CE-merkintä

CE-merkintä on valmistajan vakuutus. Sillä huolehditaan, että tuote täyttää Euroopan unionin asettamat vaatimukset. CE-merkintätiedoissa ilmoitetaan tuotteen ominaisuudet, jotka liittyvät rakennustuotedirektiivin vaatimuksiin. Joihinkin voi liittyä myös kansallisia viranomaisvaatimuksia. Merkintätiedot ovat joko itse tuotteessa, pakkauksessa tai niihin liittyvissä dokumenteissa. (Hietanen, 2004.)

Betonirakentamisen CE-merkinnät alkoivat sementistä. Muita CE-merkittyjä tuotestandardeja valmistuu jatkuvasti. Suomessa rakennustuotteiden tuotehyväksyntälain (2004) mukaan CE-merkki ei ole pakollinen. Ympäristöministeriö voi määrätä

merkinnän halutessaan pakolliseksi. Kuvassa 2 on esitetty betonirakenteiden päästandardit ja CE-merkityt tuotteet. (Hietanen, 2004.)



Kuva 2. Betonirakenteiden päästandardit. (Hietanen, 2004.)

3.3 Kovettuneen betonin testaus ja laadunvalvonta

Kovettuneen betonin säilyvyytestaukset tehdään hyväksytyssä koetuslaitoksessa. Valmistajalla on lupa tehdä betoniin liittyvät lujuuskokeet. Puristuslujuuden testauksen tasotarkastukset tehdään vuosittain hyväksytyssä koetuslaitoksessa. Tarkastus tehdään suorittajan ohjeiden mukaan. (Betoninormit, 2004, 134.)

Betonin valmistuksen laadunvalvonta tehdään standardin SFS-EN 206-1 kohdan 9 mukaisesti. (Betoninormit, 2004, 134.)

3.3.1 Puristuslujuuden testauskoneet

Testauskoneiden tarkastus sisältää edellä mainitun testauskonestandardin mukaisesti voiman näytön tarkkuuden, voiman välityksen sekä levyjen tasomaisuuden ja kuormitusnopeuden säädön kalibroinnit. Standardissa on myös esitetty vaatimuksia kuormituslevyjen karheudelle ja kovuudelle. (Betoninormit, 2004, 134.)

Hyväksytyn ja/tai akkreditoidun testauslaboratoriokoneen on oltava luokkaa 1. Muun testauslaboratorion koneen oltava vähintään luokkaa 2. Uusien koneiden, jotka on toimitettu standardin voimaantulon (30.11.2003) jälkeen, on täytettävä kaikki standardin SFS-EN 12390-4 vaatimukset. Ennen standardin SFS-EN 12390-4 voimaantuloa hankitun hyväksytyn ja/tai akkreditoidun testauslaboratorion koneen on täytettävä kaikki standardin vaatimukset 30.11.2004 mennessä ja muun testauslaboratorion koneen 30.11.2007 mennessä. Betoninormit, 2004, 134.)

3.3.2 Koekappalemuotit

Betonin valmistaja voi käyttää halunsa mukaan kalibroituja tai kalibroimattomia koekappalemuotteja. Kalibroiduissa muoteissa on etuna se, että ennen koekappaleen testausta tarvitsee määrittää ainoastaan sen perusmitat. Kalibroimattomissa muoteissa kappaleesta täytyy mitata myös suorakulmaisuus ja kuormituspintojen tasomaisuus. (Betoninormit, 2004, 134.)

Betonin valmistaja voi suorittaa kalibroinnin itse tai teettää sen hyväksytyllä koe-laitoksella. Kalibrointi tehdään muottikohtaisesti ja se edellyttää dokumentointia. Jokaisessa kalibroidussa muotissa tulee olla tunnistusmerkintä, joka liitetään myös koekappaleeseen. (Betoninormit, 2004, 134.)

Muotit kalibroidaan noin 200 käyttökerran välein ja vähintään kerran vuodessa. Jos mittapoikkeavuuksia havaitaan ennemmin, niin muotit tarkastetaan ja kalibroidaan uudestaan. (Betoninormit, 2004, 134.)

Nimettyjen mittojen mittapoikkeama vaatimukset pyöristetään kahden desimaalin tarkkuuteen. Esim. 150 mm:n kuution nimetyn mitan (d) mittapoikkeama vaatimus $\pm 0,25\%$ tarkoittaa $\pm 0,4\text{mm}$:ä Muottipintojen

tasomaisuuspoikkeama vaatimukset pyöristetään kahden desimaalin tarkkuuteen. Esim. 150 mm:n kuution tasomaisuuspoikkeamavaatimus $\pm 0,0005$ d tarkoittaa $\pm 0,08$ mm:ä. (Betoninormit, 2004, 135.)

3.3.3 Betonin vedenpitävyys

Betoninvalmistaja ilmoittaa vedenpitävyyttä edellyttävissä rakenteissa käytetyt betonilaadut ja lujuusluokat etukäteen. Vedenpitävyys testataan ennakkokokeilla valiten kaksi heikointa vedenpitäväksi tarkoitettua betonia testiin. Valittujen betonien tulee olla heikoimman lujuusluokan ja pienen sideaineen omaavat kappaleet. Vedenpitävyyskokeet tehdään vuosittain kahdesti valiten testattavaksi heikoimmat betonit. Testi suoritetaan yhdellä koekappaleella vuosittain. (Betoninormit, 2004, 135.)

Betoni katsotaan vedenpitäväksi, jos standardin SFS-EN 12390-8 mukaisesti testattu paineellisen veden tunkeumasyvyyks on enintään 100mm. (Betoninormit, 2004, 135.)

Jokaisen koekappaleen on täytettävä vaatimukset. Jos ennakkotesteissä ei saada hyväksyttävää tulosta, on betonin koostumusta muutettava ja testi uusittava. (Betoninormit, 2004, 135.)

3.4 Laadunvalvontamenettelyt

Osa-aineiden, laitteiden, betonin valmistusmenetelmien ja betonin vaatimustenmukaisuutta tulee valvoa niiden määrittelyjen ja annettujen vaatimusten suhteen. Valvonnan tulee havaita merkittävät ominaisuuksiin vaikuttavat muutokset ja ryhtyä korjaustoimenpiteisiin. Osa-aineiden tarkastus- ja testausmenetelmien sekä tarkastuksien ja testauksien vähimmäismäärien on oltava liitteen 2 taulukon mukaisia. (Betoninormit, 2004, 135.)

Taulukko perustuu siihen, että osa-aineiden valmistajilla oletetaan olevan riittävä laadunvalvonta tuotantopaikassa ja että osa-aineita toimitettaessa niiden mukana on vaatimustenmukaisuusvakuutus tai vaatimustenmukaisuustodistus. Näistä betonin valmistaja pystyy katsomaan ovatko osa-aineet määrittelyjen mukaisia. Jos

todistukset puuttuvat, kannattaa betonin valmistajan tarkastaa, että materiaalit ovat standardien mukaan valmistettu. (Betoninormit, 2004, 135.)

Laitteiden valvonnalla varmistetaan varastotilojen, punnitus- , annostelu- ja valvontalaitteiden kunto (Betoninormit, 2004, 135).

Laitteiden tarkastus- ja testaustiheys esitetään standardin SFS-EN 206-1 taulukossa 23. (Betoninormit, 2004, 135.)

Betonin laadunvalvontaan kuuluu myös valmistus, kuljetus toimituspaikalle sekä toimitus. Tehdaslaitoksilla ja kuljetusvälineillä tulee olla suunnitellut kunnossapitojärjestelmät. Valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvontaan liittyviä toimenpiteitä on esitelty taulukossa, liitteessä 3. (Betoninormit, 2004, 135.)

3.5 Yleistä laitteesta ja vedenpitävyyden testauksesta

Betonin vesitiiviyyden testaus on vain yksi monista betonille tehtävistä testeistä. Erilaiset standardoidut testit on esitetty liitteessä 1. Kuvassa 3 oleva alkuperäinen betonintestauslaite on RS-Suunnittelu OY:n rakentama. Tämä laite on tarkoitettu SFS-EN 12390-8 -standardin mukaiseen paineellisen veden tunkeumasyvyyden mittaamiseen.

Betonilta vaaditaan vedenpitävyyttä esim. padoissa, uima-altaissa sekä erilaisissa säiliöissä. Vedenpitävyys tarkoittaa betonin kykyä vastustaa vedenpaineesta tapahtuvaa veden tunkeutumista rakenteen läpi. (Tuomisto, 2010.)



Kuva 3. RS-Suunnittelun rakentama alkuperäinen betonintestauslaite.

Perusedellytyksenä vedenpitäville rakenteille ovat, että lujuusluokka on vähintään K30. K tarkoittaa betonin lujuusluokkaa tietyn kokoisen kuution muotoisen koekappaleen puristuskokeen mukaan määritettynä. Betonimassan vesielementtisuhte pitää olla pienempi kuin 0,6. Vesielementtisuhte on betonimassan sisältämän vesimäärän ja sementin painon suhde. Betonin täytyy olla tiivistä, joten massassa tulee olla riittävästi sementtiä ja hienoja aineksia. Tiivistäminen ja betonointi täytyy tehdä erittäin huolellisesti. Kuivuushalkeamien välttämiseksi betoni pidetään kosteana 1 – 2 viikkoa. Ennen kokeen alkua koekappaleen täytyy olla vähintään 28 vuorokauden ikäinen. (SFS-EN 12390-8.)

Testi kestää kolme vuorokautta ($72 \text{ h} \pm 2$). Tänä aikana koekappaleeseen kohdistetaan $0,5 \text{ Mpa}$:n eli 5 barin paine. Koekappale halkaistaan välittömästi testin jälkeen. (SFS-EN 12390-8.)

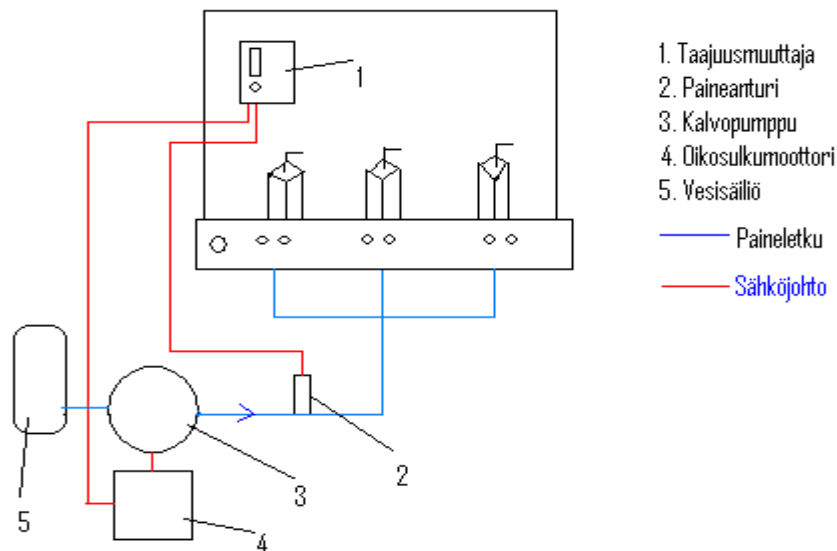
Halkaisu tehdään puristuslujuuden testauskonetta käyttäen. Kuormitussnopeutena käytetään 4.0 kN/s . Halkaisusta kirjataan halkaisuvoima. (SFS-EN 12390-8.)

Halkaistaessa kappaletta tulee sen vedenpaineen vaikutuksen alaisena ollut pinta olla alaspäin. Kun pinta on kuivunut ja veden tunkeutumisrintama on havaittavissa selvästi, merkitään sijainti koekappaleeseen. Tämän jälkeen tunkeuma mitataan ja tulos ilmoitetaan millimetreinä. (SFS-EN 12390-8.)

4 TEORIAA TESTAUSJÄRJESTELMÄN OSISTA

Tämän testausjärjestelmän pääosat on esitelty kuvassa 4.

Tarkempi kytkentäkaavio löytyy liitteestä 4.



Kuva 4. Testausjärjestelmän osat.

4.1 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on laite, jolla voidaan portaattomasti säätää vaihtovirtamoottorien pyörimisnopeutta. Moottorin pyörimisnopeutta ohjataan siten, että taajuusmuuttaja muuttaa syöttöverkon vakiotaajuista ja -jännitteistä sähköä muuttuviin arvoihin. (Ahlqvist, Koskinen, Konttinen, 2001.)

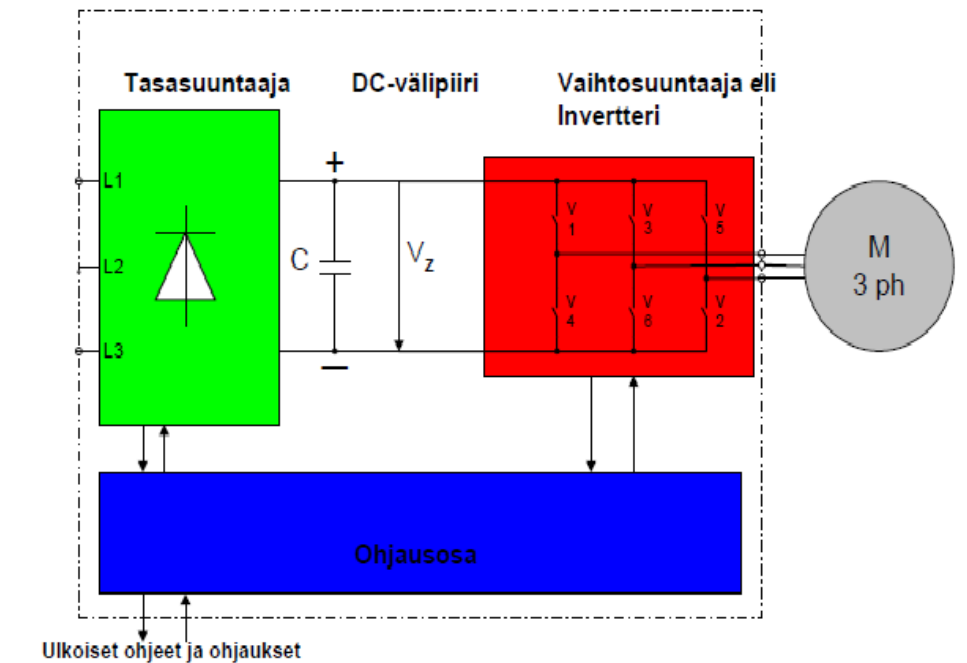
Taajuusmuuttajien ohjaamia vaihtovirtamoottoreita tavataan nykyään kaikkialla ja moninaisissa käyttötarkoituksissa. Alussa niitä käytettiin yleisesti vain teollisuudessa mutta hintojen ja kokojen pienentyessä niitä on sovellettu myös kotitalouksien tarpeisiin. (Ahlqvist, Koskinen, Konttinen, 200.)

Taajuusmuuttajalla ohjatun vaihtosähkömoottorin pyörimisnopeuden säädön mahdollisuus mahdollistaa säädettävät kiihdytys- ja hidastusajat, pehmeät käynnistykset, tarkat nopeudet, tietokoneliitännät sekä kauko-ohjaus mahdollisuuden. Tämä mahdollistaa korkeamman automaatioasteen ja laitteiden yksinkertaisemmat rakenteet. (Ahlqvist, Koskinen, Konttinen, 2001.)

4.1.1 Taajuusmuuttajan toimintaperiaate

Taajuusmuuttajatyyppejä on kolmea erilaista. Näitä ovat pulssiamplitudimodulaatio, pulssinleveysmodulaatio ja vakiovirtainvertteri. Syöttävä verkko on liitetty tasasuuntaajaan, joka muuntaa verkon vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Tämä suodatetaan välipiirissä ennen kuin vaihtosuuntaaja muuntaa tasajännitteen uudelleen vaihtojännitteeksi. Moottorijännitteen taajuutta ohjataan aina vaihtosuuntaajalla. (Ahlqvist, Koskinen, Konttinen, 2001.)

Muita komponentteja ohjataan ohjaus- ja säätöpiireillä niin, että ulostulojännite ja vaihteleva ulostulotaajuus sopivat yhteen. Jotta nimellisvääntömomentti voidaan pitää vakiona kierrosluvusta riippumatta, täytyy jännitteen ja taajuuden välinen suhde pitää vakiona. Kuvassa 5 on esitetty taajuusmuuttajan lohkokaavio. (Ahlqvist, Koskinen, Konttinen, 2001.)



Kuva 5. Taajuusmuuttajan periaatteellinen lohkokaavio. (Omron, 2010.)

4.2 PID-säädin

Testin aikana paineen täytyy pysyä sille asetetussa arvossa. Tästä huolehtii taajuusmuuttajassa oleva sisäinen PID-säädin.

P= Proportiaalinen

I=Integroiva

D=Derivoiva. (Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2010.)

Vanhan betonintestauslaitteen ongelmana oli paineen putoaminen testin aikana. Vedenpaine alkaa pudota veden imeytyessä betoniin. Sen arvon pitäisi kuitenkin pysyä muuttumattomana. Tästä huolehtii taajuusmuuttajassa oleva sisäinen PID-säädin. Kun vedenpaine putoaa, niin PID-säädin reagoi tähän ja antaa signaalin taajuusmuuttajalle taajuuden nostamiseksi, jolloin oikosulkumoottori alkaa pyörittää kalvopumppua nopeammin ja vedenpaine kasvaa. Testin aikana paineen täytyy pysyä sille asetetussa arvossa.

4.2.1 PID-säätimen toimintaperiaate

PID-säätimelle asetetaan jokin haluttu arvo. Säätimelle tuotavan mittausarvon perusteella säädetään toimilaitteen tehoa tai asentoa. P-säätö on vahvistava säätö. Se on suoraan verrannollinen toimilaitteen eroarvoon. P-säädön huonona puolena on, että se jättää pysyvän virheen. I-säätö integroi jatkuvasti laitteen säätöpiirissä olevaa virhejännitettä kunnes se on nolla. I-säätö on niin sanottu korjaava säätö, sitä käytetään yleensä yhdessä P-säätimen kanssa. D-säätö on ennakoiva säätö, joka reagoi prosessin nopeisiin muutoksiin. D-säädintä ei käytetä itsenäisenä säätimenä. Se ei myöskään ole tarpeellinen kaikissa prosesseissa. (Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2010.)

Säätöpiiri viritetään niin, että prosessi korjaa virheensä mahdollisimman nopeasti ja vakaasti. D-säädön kanssa täytyy olla varovainen, sillä jos se reagoi liian nopeasti, niin koko prosessi voi mennä epästabiiliksi. PID-säädin on prosessin kannalta paras säädin. Tosin se on myös kallein. (Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2010.)

4.3 Oikosulkumoottorit

Oikosulkumoottori tarvitsee hyvin vähän huoltoa, tästä syystä se on käytetyin sähkömoottori. Sen toiminta perustuu magneettikentän ja magneettikentän virrallisen johdinsilmukan väliseen voimavaikutukseen, jossa sähköenergia muunnetaan mekaaniseksi energiaksi. Oikosulkumoottorin rakenne on yksinkertainen. Siinä ei ole erillisiä magnetointikäämityksiä, ainoastaan yksinkertaiset staattori- ja roottorikäämitykset. Laakerit ovat ainoa oikosulkumoottorin kuluva osa. Oikosulkumoottorin roottorin rakenteena on niin sanottu häkkikäämitys. Se on sijoitettu roottorin uriin ja molemmista päistä suljettu oikosulkurenkaalla. Roottorikäämitys valmistetaan yleensä alumiinista. Staattorikäämitys puolestaan kuparilangasta. (Korpinen, 2011.)

4.3.1 Oikosulkumoottorin toimintaperiaate

Kun jännite kytketään staattoriin, koneen sisään syntyy pyörivä magneettikenttä. Magneettikentän kenttäviivat leikkaavat roottorin sauvoja. Roottorin oikosuljettuihin virtapiireihin syntyy induktiovirta. Virran ja pyörivän kentän aiheuttamalla voimavaiikutuksella saadaan roottori pyörivään liikkeeseen. Moottorin tarvitsema sähköteho syötetään staattorikäämitykseen, joista se siirtyy roottoriin mekaaniseksi tehoksi. (Korpinen, 2011.)

Moottori alkaa pyöriä, kun sen sähköinen vääntömomentti on suurempi kuin roottorin kuorman vääntömomentti. Roottori pyörii aina kentän kanssa samaan suuntaan. Moottorin pyörimisnopeus määräytyy syöttävän verkon taajuudesta f ja napapariluvusta p . (Korpinen, 2011.)

4.4 Anturit

Anturien tarkoituksena on mitata prosessin tilaa ja lähettää mittaustietoa lähettimille tai säätimille. Yleisimpiä antureita ovat lämpötila-anturit. Paineen mittausprosesseissa käytetään erilaisia kytkimiä ja lähettimiä. Valaistuksen ja ilmastoinnin ohjaukseen on erilaisia läsnäoloantureita. Näiden lisäksi on antureita ja lähettimiä ilmankosteuden ja laadun, sekä kaasupitoisuuksien mittaamiseen. (Mikkola, Värjä, 1999, 37.)

4.4.1 Paineanturin toimintaperiaate

Prosesseissa mitataan ja säädetään yleisesti veden ja ilman paineita. Paineanturin mittauselementtinä toimii eräänlainen venymäliuska, jonka kalvon pinnalle on kiinnitetty puolijohdelanka. Kun liuskaa venytetään, kasvaa langan resistanssi. Liuska kiinnitetään anturiputkeen. Kun paine muuttuu järjestelmässä, niin myös anturiputken halkaisija muuttuu. Lähetin mittaa resistanssia ja lähettää tästä suoraan paineeseen verrannollisen viestin. (Mikkola, Värjä, 1999, 44.)

4.5 Pumput

Pumpuilla muutetaan mekaaninen teho hydrauliseksi. Yleensä mekaaninen teho on pyörivässä muodossa, koska teholähteenä käytetään useimmiten sähkö- tai polttomootoria. Suoraviivaista liikettä käytetään ainoastaan alhaisilla tehoilla esimerkiksi käsipumpuissa. (Kitinoja, 2011.)

Pumput jaetaan toimintaperiaatteen mukaan hydrostaattisiin ja hydrodynaamisiin pumppuihin. Rakenteellisesti pumppu on toteutettavissa monin eri tavoin, mutta yleisesti ne luokitellaan hammaspyöräpumppuihin, ruuvipumppuihin, siipipumppuihin tai mäntäpumppuihin. Toimintaperiaatteeltaan ne eivät eroa toisistaan. Siirrettävä neste suljetaan pumpun sisällä oleviin kammioihin, jotka aukaistaan vuorotellen imu- ja paineliitännöihin. Rakenteiden muutoksilla haetaan erilaisia ominaisuuksia esimerkiksi hyötysuhteen, käyttöpaineen ja säädettävyyden osalta. (Kitinoja, 2011.)

Rakennejaon lisäksi pumput voidaan jakaa vakio tilavuus- ja säätötilavuuspumppuihin. Vakio tilavuuspumppu antaa tietyn vakio tilavuusvirran jota ei voi muuttaa. Säätötilavuuspumpulla voidaan tilavuusvirtaa muuttaa joko portaattomana tai portaallisena. (Kitinoja, 2011.)

Pumput voidaan jakaa myös yksi- ja kaksisuuntaisiin malleihin. Yksisuuntaisissa malleissa saadaan virtaus vain yhteen suuntaan. Tällaisia malleja käytetään yleensä avoimissa järjestelmissä, joissa toimilaitteiden liikesuuntia ohjataan venttiileillä. Kaksisuuntaisissa pumpuissa virtaus saadaan molempiin suuntiin. Virtausuuntaa voidaan vaihtaa pumpun sisäisten mekanismien avulla tai käyttöakselin pyörimissuuntaa vaihtamalla. Tilavuusvirran suunnanvaihto mahdollistaa toimilaitteiden liikesuuntien ohjaamisen pumpulla. Suljettu järjestelmä on tyypillisin kohde, jossa kaksisuuntaisia pumppuja käytetään. (Kitinoja, 2011.)

4.5.1 Pumpun toimintaperiaate

Hydraulipumput toimivat syrjäytysperiaatteella, jossa pumpun kammioiden koko vaihtelee jaksottaisesti. Imujakson aikana kammion tilavuus kasvaa, jolloin paine laskee. Samanaikaisesti kammio on kuitenkin yhteydessä pumpun imuliitântään, jossa on korkeampi paine kuin laajentuneessa kammiossa. Tällöin neste virtaa kammioon ja tasaa paineen. Imuliitântä suljetaan imujakson jälkeen. Painejakson aikana kammion tilavuus pienenee, jolloin paine kammiossa kohoaa ja neste virtaa aukinaiseen paineliitântään. (Kitinoja, 2011.)

Syrjäytysperiaatteella toimivat pumput siirtävät nestettä imuliitännästä paineliitântään tilavuusvirran avulla. Järjestelmään syntyy painetta vasta silloin, kun pumpun tuottamaa virtauksen etenemistä vastustetaan. (Kitinoja, 2011.)

5 TESTAUSJÄRJESTELMÄN AUTOMATISOINTI

5.1 Lähtökohta

Vanhan laitteen ongelmana oli paineen putoaminen testin aikana. Pääsyyinä tähän oli laitteessa oleva LMI Milton Royn mekaaninen annostuspumppu (kuva 6), jota ohjattiin käsisäädöllä. Pumpun paineen tulisi pysyä asetetussa 5 barin paineessa. Ajan kuluessa ja veden imeytyessä betoniin paine pääsee putoamaan tuosta arvosta. Laitteeseen tarvittiin automaattinen säätölaite pitämään paine vakiona.



Kuva 6. LMI Milton Roy -annostuspumppu.

5.2 Suunnitelma

Aluksi suunnitelmana oli, että asennettaisiin laitettaisiin pieni logiikka, jolla paineeseen voitaisiin vaikuttaa. Laitteessa olevassa pumpussa ei ollut mahdollisuuksia tähän ja koska laboratoriossa käytöstä poistetussa testauslaitteessa oli valmiina taajuusmuuttaja ja paineanturi, päädyttiin siihen että nämä otetaan käyttöön ja tilataan kokonaan uusi pumppu vanhan tilalle. Näin

logiikkaa ei tarvita ollenkaan, vaan ohjausyksikkönä toimisi PID-säätimellä varustettu taajuusmuuttaja.

5.2.1 Laitteen toimintaperiaate

Laitteen toimintaperiaate suunniteltiin seuraavanlaiseksi: Potentiometrillä asetetaan paine haluttuun arvoon säätämällä sitä 0-10 voltin alueella. Paineanturi lähettää taajuusmuuttajan PID-säätimelle tietoa prosessin paineesta. PID-säädin säätää paineen haluttuun arvoon ja taajuusmuuttaja ohjaa oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta. Kalvopumppu imee vettä laitteen vesisäiliöstä kohdistuen sen letkuja pitkin koekappaleen pohjaan. Paineen pudotessa taajuusmuuttaja lisää oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta, jolloin kalvopumppu pumppaa prosessiin enemmän vettä. Jos paine nousee liikaa, niin järjestelmässä oleva paineenrajoitin katkaisee pumppauksen.

5.3 Toteutus

Laitteeseen sopivaa pumppua etsittiin Internetistä eri valmistajilta ja maahantuojilta. Lopuksi valinta tehtiin kahden eri pumpun välillä. Parhaaksi vaihtoehdoksi nousi Flojet high pressure Triplex-sarjan kalvopumppu. (Kuva 7) Kalvopumppua koekäytettiin betonilaboratoriossa, käytöstä poistuneessa betonintestauslaitteessa.

Testaus ei kuitenkaan mennyt odotusten mukaisesti, sillä 1-vaiheinen kalvopumppu ei pyörinyt Danfossin 3-vaiheisen taajuusmuuttajan ohjauksessa. Taajuusmuuttaja meni hälytystilaan ja valitti oikosulkua. Kalvopumppua tutkittiin ja vika löytyi. Kalvopumppu olisi tarvinnut oikosulkumoottorin toimiakseen, joten kalvopumppua jouduttiin hieman muuntelemaan.

Koska Flojet kalvopumppu (kuva 7) oli sarjamoottori ja siinä oli hiiliharjat, täytyi kalvopumppuun vaihtaa pieni oikosulkumoottori. Kalvopumppu oli modifioitavana

SeAMKin Tekniikan yksikön materiaalilaboratoriossa. Siellä se liitettiin 0,18 kw:n oikosulkumoottoriin.



Kuva 7. Alkuperäinen Flojet triplex -kalvopumppu testiajossa

5.3.1 Pumpun uusi testaus

Toisella yrittämällä uudistettu kalvopumppu lähti toimimaan hienosti ja näytti toimivan tarkoituksen mukaisesti käytöstä poistetussa betonintestauslaitteessa. Ohjaus potentiometriltä oli hieman herkkä, koska kyseisen laitteen testeissä paineet olivat paljon korkeammalla. Paine vanhassa testauslaitteessa oli noin 150 baarin luokkaa. Jotta uuteen laitteeseen saataisiin parempi säätömahdollisuus, täytyi potentiometriin kytkeä vastus. Vastuksen avulla saatiin säätöalue halutuksi. Laskelmien jälkeen oikean kokoinen vastus oli noin 12 kilo-ohmia. Testauksen yhteydessä etuvastus vaihtui 5 kilo-ohmiksi.

5.3.2 Työn eteneminen

Testauksen jälkeen käytöstä poistetusta betonintestauslaitteesta purettiin taajuusmuuttaja ja paineanturi. Myös kaapelit uusittiin taajuusmuuttajan ja moottorin välille, sekä paineanturille.

Nykyisessä betonintestauslaitteessa ei ollut sopivaa paikkaa ohjausyksikölle, joten siihen täytyi työstää pala peltiä. Laitteen takana olevasta betoninhalkaisijasta oli roiskunut betonintestauslaitteen päälle vettä, joten pelti suunniteltiin niin suureksi, että se suojaisi laitetta roiskeilta. Pelti teetettiin SeAMK:in Tekniikan yksikön materiaalilaboratoriossa. Tämän jälkeen pelti ruiskumaalattiin puulaboratoriossa.

Pelti kiinnitettiin laitteen taakse. Ohjausyksikkö ja paineanturi kiinnitettiin peltiin, jonka jälkeen taajuusmuuttajaan kytkettiin moottori ja paineanturi. Tämän jälkeen täytyi vielä löytää sopivan kokoiset paineletkut kalvopumpun ja betonintestauslaitteen välille. Kytkemisen onnistumiseksi oli uudet putket sovittava vanhoihin tuumakokoisiin putkiin. Lopulta tarvittavat osat ja oikeanlaiset liittimet löytyivät ja ne saatiin kiinni laitteeseen. Nyt laite oli valmis testattavaksi.

5.4 Laitteiston testaus

Aluksi laite näytti toimivan varsin hyvin. Pientä säätöä oli kuitenkin tehtävä, sillä järjestelmän paine näytti putoavan hiljalleen. Seuraava ongelma ilmeni, kun kalvopumpussa oleva imupuoli vuoti liitoskohdastaan ja huomattiin, että siitä oli mennyt kierteet. Tämä johti testauksen keskeytymiseen.

Kierrettä ei saanut korjattua, mutta pumppuun löydettiin liitin, jossa oli pidempi kierre. Näin pumppu saatiin pitäväksi. Testauksen aikana potentiometrin säädettävä etuvastus todettiin rikkiinäiseksi ja se vaihdettiin kiinteään 5 kilo-ohmin vastukseen. Laitteisto ei kuitenkaan toiminut aivan niin kuin sen olisi pitänyt. Järjestelmän paine tippui yllättävän nopeasti ja nousi takaisin 5 baariin vasta 3,5 baarin kohdalla. Tämän arveltiin johtuvan paineanturista, joka oli otettu käytöstä

poistetusta betonintestauslaitteesta. Paineanturi oli liian suuri tämän laitteiston käyttöön. Sen mittausalue oli 0 – 160 baaria, kun laitteisto olisi tarvinnut 0-10 baarin aluetta mittaavan anturin. Paineanturin paikkaa koitettiin vaihtaa taajuusmuuttajassa 24 voltin liitännästä 10 voltin liitäntään. Tämä ei kuitenkaan tuonut suuria parannuksia.

Kuvassa 8 on uudistettu laite, jossa oikealla alhaalla näkyy paineanturi. Vasemmalla alhaalla on oikosulkumoottori, jonka perässä on kalvopumppu. Ylhäällä keskellä on ohjausyksikkö.



Kuva 8. Uudistettu testausjärjestelmä.

Testausjärjestelmää ei saatu riittävän hyvin säätöihin. Laitetta varten olisi pitänyt

tilata uusia komponentteja paineen tasaisuuden ylläpitämiseksi. Aikataulu ei olisi kuitenkaan riittänyt tähän. Testaukset saataisiin kyllä vietyä läpi, mutta se vaatisi jatkuvaa valvontaa laboratoriossa.

6 YHTEENVETO

Projektina tämä työ oli mielenkiintoinen. Tietoa sai paljon betonin koostumuksesta ja erilaisesta testauksesta, sekä taajuusmuuttajista ja niiden toiminnasta. Vaikeinta työssä oli löytää sopivia komponentteja laitteeseen. Käytössä oli vanhoja osia toisesta laitteesta ja vähän uudempia osia uudistettavasta laitteesta, sekä täysin uusia osia. Tämä ongelma on yleinen, kun lähdetään tekemään vanhasta laitteesta uutta.

Laitteen toimivuutta saataisiin paremmaksi asentamalla siihen pienempi, 0 – 10 baarin aluetta mittaava paineanturi. Lisäksi järjestelmän painetta saataisiin tasaisemmaksi asentamalla siihen suuntaventtiili painepuolelle pumpun jälkeen.

Testauksen aikana veden määrän väheneminen on niin pientä, että järjestelmä ei tarvitse pumppua. Tulevaisuudessa laitetta voitaisiin parannella poistamalla siitä sähkökomponentit. Eli pumppu, taajuusmuuttaja ja painesäätimet poistettaisiin ja tilalle laitettaisiin noin 50 – 100 litran vesisäilö. Vesisäilön kylkeen laitettaisiin esimerkiksi auton renkaan paineilmaventtiili. Testausjärjestelmä toimisi niin, että säiliöön laitettaisiin noin 10 litraa vettä. Paineilmapistoolilla laitettaisiin ilmaa säiliöön siten, että paine olisi 5 baria. Koska säiliön tilavuus on suuri, paine ei laskisi oleellisesti vähäisen veden häviön takia.

LÄHTEET

Ahlqvist, M. , Koskinen, R. , Konttinen M, 2001, [PDF-dokumentti]. Tampereen Teknillinen Yliopisto, Hydraulikan ja automatiikan laitos, 2601040. Sähkömoottorikäytöt koneautomaatiossa, Taajuusmuuttajakäytöt. SEDU, sisäinen opintomateriaali.

Betonin historia. [www-dokumentti]. [Viitattu 20.10.2010]. Saatavana: <http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Betoni+ja+kest%C3%A4v%C3%A4+kehitys/Betonin+historia/>

Betoni Rakennusmateriaalina [www-dokumentti]. [Viitattu 20.10.2010]. Saatavana: <http://betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Betoni+ja+kest%C3%A4v%C3%A4+kehitys/Betoni+rakennusmateriaalina/>

Hietanen, T. 2004. Betonirakentamisen tuotteiden CE-merkintä. [www-dokumentti]. [Viitattu 5.1.2011]. Saatavana : http://www.betoni.com/betoni_import/BET0401_s52_55.pdf

Kajaanin ammattikorkeakoulu, Opintomateriaali, [www-dokumentti]. [Viitattu 19.1.2011]. Saatavana: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ELE_P%20I%20D1.pdf

Kitinoja, K. 2011, opintomateriaali. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Hydraulikka ja pneumatiikka.

Korpinen, L. [www-dokumentti]. [Viitattu 17.1.2011]. Saatavana: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf

Mikkola, J-M. , Värjä, P. 1999, Uusi kiinteistöautomaatio. Automaatio- ja säätötekniikka, uud. p. Elimäki: Korian kirjapaino

Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 2010. Tutkimus- ja kehitys- ja suunnittelupalvelut rakennusteollisuudelle. palveluesite.

Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 2010. [verkkolähde]. [Viitattu 25.10.2010]. Saatavana: http://www.seamk.fi/Suomeksi/Tutustu_SeAMKiin.iw3

SFS-EN 12390-8 standardi, Suomen standardoimisliitto

Suomen Betoniyhdistys r.y, P. 2004. BY 50 Betoninormit 2004. Jyväskylä: Gummerus

Suomen Betoniyhdistys r.y, P. 2005. BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004. Viides uud. p. Jyväskylä: Gummerus

Tuomisto J, 2010, Betonin vedenpitävyyden mittaust, työohje. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Betonintestauslaboratorio.

LIITTEET

LIITE 1: Betonin testaukseen liittyvät standardit

LIITE 2: Taulukko Osa-aineiden valvonnasta

LIITE 3: Taulukko valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonnasta

LIITE 4: Testausjärjestelmän kytkentäkaavio

LIITE 1: Betonin testaukseen liittyvät standardit

Tunnus	Otsikko	SC / WG Work Item	Vaihe	Huom. SFS-EN kieli
TUOREEN BETONIN TESTAUS <i>TESTING FRESH CONCRETE</i>				
EN 12350-1	Näytteenotto <i>Sampling</i>	SC 1 118	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
EN 12350-2	Painuma <i>Slump test</i>	SC 1 121	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
EN 12350-3	Vebe <i>Vebe test</i>	SC 1 122	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
EN 12350-4	Tiivistymisaste <i>Degree of compactability</i>	SC 1 123	SFS-EN 2000	-
EN 12350-5	Leviämä <i>Flow table test</i>	SC 1 126	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
EN 12350-6	Tiheys <i>Density</i>	SC 1 125	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
EN 12350-7	Ilmamäärä - Painemenetelmät <i>Air content - Pressure method</i>	SC 1 124	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
KOVETTUNEEN BETONIN TESTAUS <i>TESTING HARDENED CONCRETE</i>				
EN 12390-1	Muoto, mitat ja muut koekappaleiden ja muottien vaatimukset <i>Shape, dimensions and other requirements for test specimens and moulds</i>	SC 1 117	SFS-EN 2001	<i>suomi</i>
EN 12390-2	Koekappaleiden valmistus ja säilytys lujuustestejä varten <i>Making and curing specimens for strength tests</i>	SC 1 119	SFS-EN 2001	<i>suomi</i>

EN 12390-3	Koekappaleiden puristuslujuus <i>Compressive strength of test specimens</i>	SC 1 120	SFS-EN 2002	<i>suomi</i>
EN 12390-4	Puristuslujuus - Vaatimukset testauskoneille <i>Compressive strength - Specification of testing machines</i>	SC 1 127	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
EN 12390-5	Koekappaleiden taivutuslujuus <i>Flexural strength of test specimens</i>	SC 1 128	SFS-EN 2001	<i>suomi</i>
EN 12390-6	Koekappaleiden halkaisuvetolujuus <i>Tensile splitting strength of test specimens</i>	SC 1 129	SFS-EN 2001	<i>suomi</i>
EN 12390-7	Kovettuneen betonin tiheys <i>Density of hardened concrete</i>	SC 1 130	SFS-EN 2001	<i>suomi</i>
EN 12390-8	Paineellisen veden tunkeutumasyvyys <i>Depth of penetration of water under pressure</i>	SC 1 131	SFS-EN 2001	<i>suomi</i>
TS 12390-9	Kovettuneen betonin testaus - Osa 9: Jääditys-sulatuskestävyys - Pintarapautuminen <i>Testing of hardened concrete- Part 9: Freeze-thaw resistance - Scaling</i>	040	Tekn. spesifikaatio 2006	<i>englanti</i>
TS 12390-10	Testing hardened concrete - Part 10: Determination of the relative carbonation resistance os concrete		Formal Vote 4/2007	
TR 15177	Kovettuneen betonin testaus - Osa 9: Jääditys-sulatuskestävyys - Sisäinen vaurio <i>Testing of hardened concrete- Part 9: Freeze-thaw resistance - Internal structural damage</i>		Tekn. raportti 2006	<i>englanti</i>
BETONIN TESTAUS RAKENTEISTA <i>TESTING CONCRETE IN STRUCTURES</i>				
EN 12504-1	Poratut koekappaleet - Näytteenotto, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus <i>Cored specimens - Taking, examining and testing in compression</i>	SC 1 132	SFS-EN 2000	<i>suomi</i>
EN 12504-2	Rikkomaton aineenkoetus -	SC 1	SFS-EN 2001	<i>suomi</i>

	Kimmoarvon määrittäminen <i>Non-destructive testing - Determination of rebound number</i>	133		
EN 12504-3	Ulosvetovoiman määrittäminen <i>Determination of pull-out force</i>	SC 1 134	SFS-EN 2005	<i>suomi</i>
EN 12504-4	Ultraäänen etenemisnopeuden määrittäminen <i>Determination of ultrasonic pulse velocity</i>	SC 1 135	SFS-EN 2004	<i>englanti</i>

LIITE 2: Taulukko Osa-aineiden valvonnasta

	Osa-aine	tarkastus/testaus	tarkoitus	Tarkastusten ja testausten vähimmäismäärät
1	Sementit (a)	Kuormakirjan tarkastus (d) ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi	Jokainen toimitus erä
2	Kiviainekset	Kuormakirjan tarkastus (b, d) ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi	Jokainen toimitus erä
3	Kiviainekset	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Verrata ulkonäköä rakeisuuden, raemuodon ja epäpuhtauksien osalta normaaliin	Jokainen toimitus erä Hihnakuljettimella toimitettaessa määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella
4	Kiviainekset	EN 933-1 mukainen seula analyysi	Arvioida rakeisuuden standardin mukaisuutta tai muun sovitun luokittelun mukaisuutta	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella (e)
5	Kiviainekset	Epäpuhtauksien testaus	Arvioida epäpuhtautta aiheuttavat aineet ja niiden määrät	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella (e)
6	Kiviainekset	Vedenimeytymisen testaus EN 1097-6 mukaisesti	Määrittää betonin tehollinen vesimäärä	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä
7	Kevyiden tai raskaiden kiviainesten lisävalvonta	Testaus EN 1097-3 mukaisesti	Mitata irtotiheys	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella (e)
8	Lisäaineet (c)	Kuormakirjan ja kuljetussäiliön (d) etiketin tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja asianmukaisesti merkityksi	Jokainen toimitus erä

Taulukko jatkuu				
9	Lisäaineet (c)	EN 934-2 mukainen tunnistustestaus, esim. tiheys, infrapuna	Verrata valmistajan antamiin tietoihin	Jos aihetta epäilyyn
10	Irtotavarana jauhemuodossa olevat seosaineet	Kuormakirjan (d) tarkastus ennen purkamista	Varmistaa, että toimitus on tilauksen mukainen ja sen alkuperä on oikea	Jokainen toimitus erä
11	Irtotavarana jauhemuodossa olevat seosaineet	Lentotuhkan hehkutushäviön määrittäminen	Tunnistaa hiilipitoisuuden muutokset, jotka saattavat vaikuttaa huokosilmaa sisältävään betoniin	Joakinen toimituserä, jota käytetään huokosilmaa sisältävään betoniin, jos toimittaja ei ole antanut ko. tietoja
12	Lisäaineet suspensiona (c)	Kuormakirjan (d) tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi	Jokainen toimitus erä
13	Lisäaineet suspensiona (c)	Tiheyden määrittäminen	Tasalaatuisuuden varmistaminen	Jokainen toimituserä ja määräajoin betonin valmistuksen aikana
14	Vesi	En 1008 mukainen testaus	Varmistaa, että vedessä ei ole haitallisia aineita, ellei vesi ole talousvettä	Käytettäessä ensimmäisen kerran muuta kuin talousvettä Jos on aihetta epäilyyn

- a-** On suositeltavaa, että näytteet otetaan kerran viikossa jokaisesta sementtityypistä ja varastoidaan testattavaksi, jos on aihetta epäilyyn.
- b-** Kuormakirjassa, tai tuotetiedoissa tulee olla tieto suurimmasta kloridipitoisuudesta sekä luokittelusta alkali-piihapporeaktion suhteen betonin käyttö paikalla voimassa olevien määräysten mukaisesti.
- c-** On suositeltavaa, että näytteet otetaan jokaisesta toimituserästä ja varastoidaan.
- d-** Kuormakirjassa tai sen yhteydessä tulee olla ko. standardin tai määrittelyvaatimusten mukainen vaatimustenmukaisuusvakuutus tai vaatimustenmukaisuustodistus.
- e-** Ei ole tarpeen, jos kiviaineksen laadunvalvonta on varmennettu

(Betoninormit, 2004, 136-137)

LIITE 3: Taulukko valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonnasta

	Testaus	Tarkastus/testaus	Tarkoitus	Vähimmäistiheys
1	Betonin ominaisuudet	Alkustaus	Saada näyttö siitä, että ehdotetulla koostumuksella saavutetaan määrittelyn mukaiset ominaisuudet riittävällä marginaalilla	Ennen uuden betonikoostumuksen käyttöönottoa
2	Hienojen kiviainesten vesimäärä	Jatkuva mittaus, kuivaustesti tai vastaava	Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja lisättävän veden määrä	Jos ei mitata jatkuvasti, testataan päivittäin. Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen voidaan vaatia tätä tiheämpää tai harvempaa testausta
3	Karkeiden kiviainesten vesimäärä	Kuivaustesti tai vastaava	Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja lisättävän veden määrä	Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen
4	Betonimassan vesimäärä	Lisätyn veden määrän tarkistus (a)	Saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittystä varten	Jokaisesta annoksesta
5	Betonin Kloridipitoisuus	Alkustaus laskemalla	Varmistaa, ettei suurinta kloridipitoisuutta ylitetä	Alkustauksessa jos osa-aineiden kloridipitoisuus on lisääntynyt
6	Notkeus	Silmämääräinen tarkastus	Verrata normaaliin ulkonäköön	jokaisesta annoksesta
7	Notkeus	EN 12350-2, -3, -4, tai -5 mukainen notkeuden määrittäminen	Arvioida, onko määritellyt notkeusarvot saavutettu ja tarkistaa mahdolliset vesimäärän muutokset	Ilmamäärää määritettäessä Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä
8	Betonimassan tiheys	EN 12350-6 mukainen tiheyden määrittäminen	Kontrolloida kevytbetonin ja raskasbetonin annostelun ja tiheyden määrittäksen valvontaa	Päivittäin
9	Betonimassan sementtimäärä	Annostellun (a) sementin määrän tarkistaminen	Tarkistaa sementtimäärä ja saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittystä varten	Jokaisesta annoksesta
10	Betonimassan seosainemäärä	Annosteltujen (a) seosaineiden määrän tarkistaminen	Tarkistaa seosainemäärä ja saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittystä varten	Jokaisesta annoksesta
11	Betonimassan lisäainemäärä	Annosteltujen (a) lisäaineiden massan tai tilavuuden	Tarkistaa lisäainemäärä	Jokaisesta annoksesta

		tarkistaminen		
Taulukko jatkuu				
12	Betonimassan vesi-sementtisuhte	Laskemalla tai testaamalla	Arvioida, onko määritelty vesi-sementtisuhte saavutettu	Päivittäin, jos on määritelty
13	Betonimassan ilmamäärä, jos se on määritelty	EN 12350-7 mukainen testaus	Arvioida, onko määritelty huokosilmamäärä saavutettu	Betonin pakkasenkestävyyden laadunvalvonnan mukaan
14	Betonimassan lämpötila	Lämpötilan mittaaminen	Arvioida, onko saavutettu alin sallittu lämpötila 5 °C tai määritelty raja-arvo	Jos on aiheutta epäilyyn Silloin kun lämpötila on määritelty: määrääjain tilanteen mukaan; jokaisesta annoksesta tai kuormasta, jos betonin lämpötila on lähellä raja-arvoa
15	kovettuneen kevytbetonin tai raskasbetonin tiheys	EN 12390-7 (b) mukainen testaus	Arvioida, onko vaadittu tiheys saavutettu	Silloin kun tiheys on määritelty, yhtä usein kuin puristuslujuuden määrittäminen
16	Puristuslujuuden määrittäminen valetuista koekappaleista	EN 12390-3:1999 mukainen testaus	Arvioida, onko vaadittu tiheys saavutettu	Silloin kun puristuslujuus on määritelty, yhtä usein kuin vaatimustenmukaisuuden valvonnassa
<p>a- Jos ei käytetä tulosten automaallista kirjausta ja annoksen tai kuorman annostelun sallitut poikkeamat ylittyvät, valmistustietoihin kirjataan annostelumäärä.</p> <p>b- Voidaan testata myös vedellä kyllästetyssä tilassa, jos tunnetaan luotettavasti tulosten ja uunikuivan tilan tiheyden välinen riippuvuus.</p>				

(Betoninormit, 2004, 138-139)

LIITE 4. Testausjärjestelmän kytkentäkaavio.

